

**ELABORAZIONE DI DATI AMBIENTALI E TERRITORIALI NEL
MODULO NAZIONALE SINANET**

Ing. Daniele Dell'Osso

Tutor: Ing. Michele Munafò

Con la collaborazione dell'Ing. Giuliano Cecchi

Indice

Premessa	3
1 Introduzione	5
2 Metodologia.....	7
3 I Sistemi Informativi Geografici	9
4 I Dati Elaborati	11
4.1 Le Immagini del Satellite Landsat 7	13
4.2 La Cartografia IGMI	15
4.3 I Dati di Qualità delle Acque Superficiali e i Macrodescrittori.....	17
5 L'Elaborazione delle Scene Landsat e della Cartografia Digitale	18
6 Realizzazione del Geodatabase dei Dati di Qualità delle Acque Superficiali	24
7 Conclusioni	27
Bibliografia	29
Ringraziamenti.....	30

Premessa

I fatti e i fenomeni ambientali, appartenenti ad un qualsiasi ambito tematico, assumono un significato concreto solo se è possibile collocarli rispetto ad un contesto di riferimento territoriale in cui si manifestano. Ne consegue che l'informazione di livello "ambientale", nel momento in cui è organizzata in sistema, richiede una sottostante componente "territoriale" che sia in grado di sostenerla e completarla nelle dovute forme e articolazioni.

Nell'ambito delle sue attività, il Servizio Gestione Modulo Nazionale SINAnet (AMB-NET) ed, in particolare, l'Ufficio Sistemi Database e Cartografico SINAnet, assicura lo sviluppo e la gestione del sistema informativo territoriale GIS. A questo fine il Servizio ha messo a disposizione all'interno della rete APAT il sistema MAIS (Modulo di Accesso alle Informazioni Spaziali) che consente la consultazione dei dati territoriali a diverse tipologie di utenti permettendone la consultazione, l'elaborazione e l'aggiornamento oltre al collegamento di queste con le altre informazioni presenti in SINAnet.

Tale sistema rappresenta, inoltre, uno strumento per la diffusione delle informazioni in formato "standard" SINAnet garantendo la necessaria compatibilità dei dati pubblicati con gli standard definiti dal Sistema Cartografico di Riferimento (SiCaRi). Nell'ambito dell'integrazione con il Sistema cartografico nazionale, il SINAnet ha adottato infatti gli standard geografici definiti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e derivati dall'iniziativa europea INSPIRE.

Le informazioni tematiche disponibili in SINAnet possono così essere collegate con la rappresentazione univoca del territorio nazionale ed effettivamente utilizzate da tutte le strutture tecniche pubbliche e private interessate alle tematiche ambientali.

Si rende tuttavia necessaria un'attività notevole di manutenzione del sistema, sia in termini di alimentazione di nuovi contenuti informativi, sia di

adeguamento agli standard individuati. Il contributo importante del lavoro di stage qui illustrato è stato finalizzato a questa attività nelle sue diverse sfaccettature:

1. l'alimentazione del sistema con nuovi contenuti informativi (immagini Landsat derivanti dal progetto I&CLC2000);
2. l'adeguamento di dati esistenti agli standard del Sistema Cartografico di Riferimento (cartografia IGMI);
3. il collegamento delle informazioni tematiche (dati di qualità delle acque superficiali) con il territorio.

Tutto il materiale prodotto nell'ambito di questo lavoro è infine stato inserito nel MAIS e reso disponibile a tutti gli utenti del sistema.

Il tutor

Ing. Michele Munafò

1 Introduzione

Il trattato istitutivo della CEE ha posto da tempo le questioni ambientali al centro delle politiche comunitarie riaffermando, con l'istituzione dell'EEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) e dell'EIONET (Rete Europea di Informazione e Osservazione Ambientale), la centralità del ruolo dell'informazione per l'attuazione delle politiche medesime¹.

Le ARPA (Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente) e l'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici), istituite in seno ad un processo di riordino del sistema di governo dell'ambiente, sono concepite come organismi di un sistema integrato e come tali devono adottare adeguate regole, standard e protocolli comuni, che senza intaccare i livelli di autonomia organizzativa e funzionale che sono loro riconosciuti, devono concentrarsi e applicarsi a tutti e soli gli elementi che incidono sulla capacità di comunicare e cooperare, di costruire immagini e rappresentazioni coerenti della realtà ambientale e della sua evoluzione².

Il primo e fondamentale requisito indirizzato al sistema di conoscenza è quello di essere in grado di rappresentare e simulare, con efficacia e continuità, la realtà ambientale con tutte la grande varietà di fatti, fenomeni e problemi che in essa si manifestano.

Il secondo requisito è quello di essere in grado di rappresentare la realtà ambientale secondo diversi punti di vista e ottiche di osservazione e lettura, imposte dalla varietà e molteplicità dei soggetti preposti al governo dell'ambiente e dalla conseguente varietà delle esigenze informative che essi manifestano all'interno del sistema delle agenzie o attraverso di esso.

Per soddisfare tali esigenze si è costituita la *rete SINAnet* e lo *spazio di conoscenza e comunicazione* che essa permette di definire e rendere praticabile. Il Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA) è stato

¹ ANPA, 2001, *SINANET standard di sistema*, Gerardo Giombolini.

² Legge Italiana n°61 del 21/1/1994 e art. 38 D.Lgs. n°300 del 30/7/1999.

disegnato e realizzato con l'obiettivo di consentire la razionalizzazione e il coordinamento delle iniziative di monitoraggio e di gestione delle informazioni di interesse ambientale e, quindi, di creare le condizioni affinché le conoscenze, che vengono da fonti molto differenziate, possano armonizzarsi e integrarsi a tutti i livelli territoriali, dal regionale al comunitario³. L'Agenzia ha posto, tra le sue priorità programmatiche, lo sviluppo e la gestione del SINAnet, la cui architettura complessiva è stata disegnata avendo come riferimento il sistema europeo EIONET, istituendo il Modulo Nazionale Rete SINA che comprende l'Ufficio Sistemi Data Base e Cartografico. Prerogativa del Modulo Nazionale SINAnet è, tra l'altro, quella di assicurare lo sviluppo e la gestione del sistema informativo territoriale GIS, che rappresenta ormai un irrinunciabile strumento di supporto decisionale alle politiche riguardanti questioni ambientali.

L'alimentazione della base informativa, come per l'analogo sistema europeo, è attuata attraverso il contributo di una rete di soggetti (SINAnet), articolati in tre categorie principali:

- i Centri Tematici Nazionali (CTN);
- i Punti Focali Regionali (PFR);
- le Istituzioni Principali di Riferimento (IPR).

La rete del Sistema è completata con il Ministero dell'ambiente e le Regioni come principali soggetti di indirizzo e utenti.

Il presente lavoro, frutto di un'esperienza di stage della durata di 4 mesi tenutosi presso l'Ufficio Sistemi Data Base e Cartografico SINAnet, rappresenta una sintesi delle conoscenze acquisite durante tale periodo e delle procedure seguite per l'elaborazione di alcuni prodotti informatici che possono essere visti a tutti gli effetti come dei sistemi informativi geografici e che hanno contribuito all'alimentazione della base informativa del sistema.

³ <http://www.sinanet.apat.it> .

2 Metodologia

Visti il carattere formativo dello stage e l'ambito tecnico-professionale a cui fa riferimento il Modulo Nazionale Rete SINAnet, è stato di fondamentale importanza approfondire ed ampliare le conoscenze riguardanti i Sistemi Informativi Territoriali, facendo in particolare riferimento all'ampia disponibilità di notizie e informazioni che è possibile reperire gratuitamente in rete. Per avere invece un quadro esaustivo della struttura, degli obiettivi e degli strumenti operativi del SINAnet si è invece fatto principalmente riferimento all'omonimo sito web curato dallo stesso Servizio Gestione Modulo Nazionale Rete SINAnet.

Si è poi ritenuto importante al fine della riuscita dell'esperienza di stage l'approfondimento della conoscenza degli strumenti informatici necessari alla gestione delle informazioni geografiche, territoriali ed ambientali. Per quanto riguarda i Sistemi Informativi Geografici, si è rivolta l'attenzione verso la famiglia di applicativi GIS prodotti dalla ESRI®, tra cui ArcView®, uno dei più diffusi software desktop GIS e ArcGIS®, più recente nella distribuzione e più completo nella gestione, creazione, analisi ed integrazione di vari tipi di dati geografici.

Per l'elaborazione delle immagini, che costituivano una parte sostanziale dei dati oggetto del presente lavoro (foto da satellite e cartografia digitale), ci si è serviti inoltre di una serie di applicativi dedicati all'*image processing* (ERDAS IMAGINE 8.5® prodotto dalla ERDAS® e ER Mapper 6.4® distribuito dalla Planetek®) e al fotoritocco professionale (Photoshop 6.0® di Adobe®).

Per la gestione dei dati di qualità delle acque ed il loro successivo inserimento in un sistema informativo geografico, si è fatto uso di Microsoft Access®, uno dei più conosciuti programmi di gestione di piccoli database relazionali. Gli strumenti di Access, tra cui il semplice collegamento con i software GIS, hanno permesso un'efficiente e rapida elaborazione dei dati.

Le funzionalità dei programmi menzionati, utilizzate per i fini del presente lavoro, sono state sfruttate a pieno sia per mezzo dei relativi manuali d'uso, ma anche e soprattutto grazie alla disponibilità del personale dell'ufficio, che ha messo a disposizione la propria esperienza e competenza.

3 I Sistemi Informativi Geografici

Tra i vari prodotti che la rivoluzione informatica ha generato negli ultimi anni i Sistemi Informativi Geografici (Geographic Information System, GIS), rappresentano una innovazione epocale nella produzione e nella gestione di dati di carattere geografico e ambientale.

L'affermazione di tali sistemi è possibile in seguito all'uso congiunto di due strumenti informatici: i sistemi di disegno computerizzato (CAD) e i data base relazionali (DBMS), i quali peraltro sono una delle prime creazioni dell'informatica. I primi, insieme alle immagini raster (foto aeree, foto da satellite e immagini ricavate dalla cartografia tradizionale), hanno permesso la rappresentazione in digitale delle entità geografiche; i secondi l'immagazzinamento dei dati e delle informazioni legati a tali entità. La fusione di questi due sistemi nei GIS ha permesso il superamento dei limiti imposti dal compromesso insito in ogni rappresentazione cartografica tradizionale: ogni rappresentazione di entità, infatti, è sempre in qualche misura simbolica e in scala, ovvero si basa su paradigmi di rappresentazione secondo i quali un determinato simbolo nella carta rappresenta un oggetto reale con determinate proprietà geometriche. Sebbene col tempo si siano sviluppate delle raffinate e ormai consolidate rappresentazioni simboliche (si pensi alle legende delle carte topografiche dell'Istituto Geografico Militare Italiano), la rappresentazione simbolica di una carta geografica o tematica tradizionale rappresenta sempre un limite per una conoscenza completa di tutte le informazioni legate alle entità geografiche. Risulta abbastanza semplice, ad esempio, rappresentare su una carta geografica la posizione di un certo numero di centraline di misura di parametri relativi alla qualità dell'aria, ma è d'altro canto impossibile rappresentare sulla stessa carta tutti i dati relativi alla centraline stesse (caratteristiche della centralina, numero, tipo e valori numerici dei parametri misurati, ecc). La diffusione dei GIS ha permesso il superamento di tali limiti, permettendo di descrivere un'entità

geografica sia nella sua completa natura geometrica, sia per il suo totale contenuto informativo. Nella pratica un GIS realizza attraverso l'ingegneria del software una sorta di collegamento dinamico tra un'entità geografica di una carta o di un tematismo digitale e uno o più record di un database.

Se si considerano inoltre i grandi progressi che negli ultimi anni si sono compiuti nel campo del telerilevamento (che comprende tutte le tecniche volte all'ottenimento di dati sull'ambiente fisico terrestre senza l'accesso diretto alla località esaminata, come può essere fatto da un aereo o da un satellite) che hanno permesso di ottenere immagini sempre più dettagliate della superficie terrestre e gli sviluppi nel settore dei sistemi di archiviazione dei dati digitali, che consentono ormai di condividere e gestire agevolmente la grande mole di informazioni che si stanno raccogliendo, appaiono subito evidenti le infinite possibili applicazioni a cui si prestano i GIS. soprattutto nel settore ambientale.

4 I Dati Elaborati

Come già detto, il Sistema Informativo Nazionale Ambientale è stato disegnato e realizzato con l'obiettivo di consentire la gestione delle informazioni di interesse ambientale e, quindi, di creare le condizioni affinché le conoscenze, che vengono da fonti molto differenziate, possano armonizzarsi e integrarsi a tutti i livelli territoriali, dal regionale al comunitario. L'alimentazione della base informativa è realizzata attraverso il contributo della rete di soggetti SINAnet, articolata nelle tre categorie già menzionate.

I Punti Focali Regionali, in particolare, sono responsabili di assicurare la disponibilità (visibilità) dei dati e delle informazioni ambientali di interesse del Sistema nazionale, prodotti all'interno del territorio regionale e di garantire il flusso delle informazioni all'interno della rete SINAnet.

Le Istituzioni Principali di Riferimento (IPR) sono invece soggetti che possono, in alcuni casi, contribuire alla formazione della base conoscitiva. Tali soggetti, che sono di fatto entità già operative con specifiche missioni, possono partecipare direttamente alla rete come nel caso dell'ISTAT, che rappresenta nella rete il riferimento per tutti i dati e le informazioni di natura socio-economica. Un'analogia funzione autonoma di componente di rete è svolta dall'Unione delle Camere di Commercio per tutto ciò che concerne i dati, in generale, delle imprese e in particolare il MUD, che se oggi finalizzato alla raccolta dei dati sui rifiuti, a regime potrà costituire il principale strumento di censimento di tutti i tipi di pressione ambientale (emissioni atmosferiche, scarichi liquidi, ecc.).

Nel sito WEB del SINAnet è pubblicata una parte dei dati disponibili. Le informazioni di carattere ambientale pubblicate possono essere suddivise in tre categorie principali: metadati, dati di sintesi sullo stato, dati analitici. I metadati forniscono informazioni relative ai riferimenti, alle caratteristiche, all'ubicazione e alla disponibilità dei dati ambientali veri e propri, in modo

sintetico e facilmente consultabile; i dati di sintesi sullo stato sono rappresentati essenzialmente da indicatori e indici (opportune aggregazioni di dati elementari), il cui utilizzo è in generale dettato dall'esigenza di alimentare la base conoscitiva con elementi caratterizzati da elevato contenuto informativo; i dati analitici invece sono costituiti principalmente da banche dati⁴.

Viste le modalità attraverso le quali si realizza l'alimentazione della base informativa, appare evidente l'eterogeneità dei dati e delle informazioni che vengono elaborati o archiviati presso l'Ufficio Sistemi Data Base e Cartografico SINAnet. Pertanto si è pensato di descrivere separatamente le tre tipologie di dati oggetto del presente lavoro.

⁴ <http://www.sinanet.anpa.it> .

4.1 Le Immagini del Satellite Landsat 7

La prima parte del lavoro svolto durante il periodo di stage ha riguardato un set di immagini del territorio nazionale italiano riprese da satellite. Queste sono state acquisite dal satellite Landsat 7 (lanciato in orbita il 15 Aprile 1999) e fanno parte di un progetto di telerilevamento della superficie terrestre avviato nel 1972 dal Dipartimento degli Interni e dall'Ente Spaziale Americano.

L'acquisizione delle immagini sul satellite è avvenuta con un sensore denominato ETM+ (Enhanced Thematic Mapper), dalle seguenti caratteristiche tecniche:

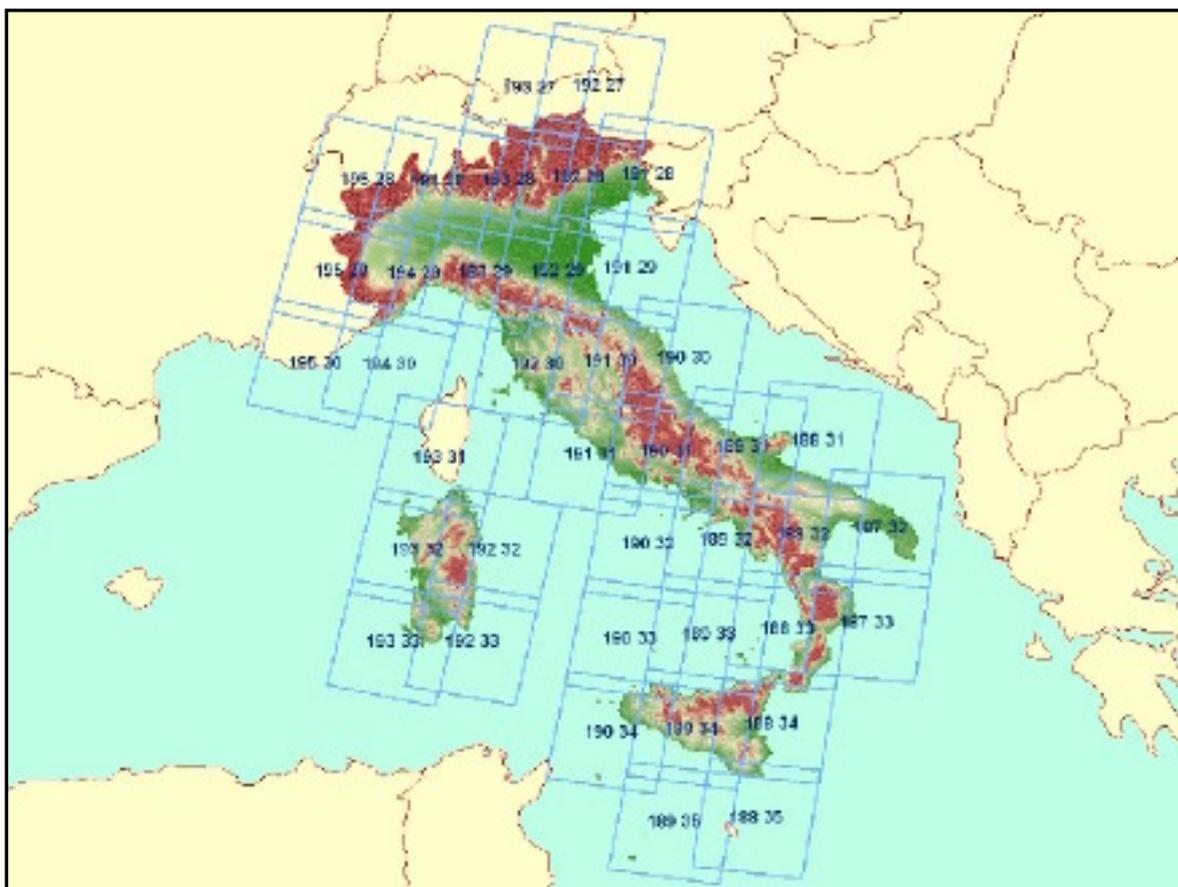
- 7 bande, per il dato multispettrale, nella porzione del visibile e dell'infrarosso dello spettro, con una risoluzione geometrica (30 metri) che consente di ottenere un sufficiente livello di dettaglio sufficiente per una ampia gamma di applicazioni, pur mantenendo una vasta dimensione delle scene (185 km x 185 km ca.);
- una banda pancromatica (15 metri), co-registrata con il dato multispettrale, che, oltre ad avere delle proprie funzionalità ed applicazioni, può essere utilizzato anche per aggiungere preziosi dettagli al dato multispettrale⁵.

Le immagini riprese dal satellite sono utilizzate nel progetto I&CLC2000 (Image & CORINE Land Cover 2000) per l'aggiornamento del database europeo relativo alla copertura del suolo, iniziativa comunitaria sotto il coordinamento tecnico dell'Agenzia Europea dell'Ambiente e JCR ISPRA, all'interno del quale l'APAT svolge il ruolo di National Authority per la realizzazione della componente italiana del progetto.

Il set di dati disponibili comprendeva 39 immagini acquisite in modalità multispettrale e 39 in modalità pancromatica.

⁵ <http://www.planetek.it> .

Fig. 4.1 – Copertura nazionale delle scene Landsat7



4.2 La Cartografia IGMI

La seconda parte del lavoro svolto ha riguardato invece l'elaborazione di cartografia numerica ricavata dalla scansione di carte topografiche dell'Italia prodotte dall'IGMI (Istituto Geografico Militare Italiano). In particolare si disponeva di immagini raster georeferenziate ricavate da carte topografiche a scala 1:25000 (generalmente denominate *tavolette*) di produzione dell'IGMI, che tuttora rappresentano la copertura a scala maggiore ricoprente l'intero territorio nazionale. Le singole tavolette ricoprono un territorio che, in coordinate geografiche, ha un'ampiezza di 7'30" per 5', corrispondente a un'area quadrata di circa 10 km di lato.

La costruzione di tali carte, come quella di tutta la cartografia nazionale prodotta a partire dagli anni 40, si basava sulla "Rappresentazione conforme di Gauss", applicata ai fusi nei quali è contenuto il territorio italiano (due fusi di ~ 6° 30' di ampiezza, con meridiani centrali 9° e 15° ad Est di Greenwich) e sul sistema geodetico di riferimento, costituito dall'ellissoide internazionale di Hayford con punto di emanazione in Roma Monte Mario (sistema di Riferimento Gauss-Boaga).

Nel 1950, per iniziativa degli USA, la rappresentazione di Gauss è stata assunta a base del sistema di UTM (Universal Transverse Mercator Projection), destinato a unificare la geodesia, la topografia e la cartografia militare del mondo occidentale; lo sferoide è stato diviso in 60 fusi di 6° d'ampiezza a partire dal meridiano di Greenwich, limitati dai paralleli +/- 80°. I 60 fusi sono cartograficamente identici, per cui una sola serie di tavole numeriche basta per tutta la superficie terrestre (escluse le calotte polari, rappresentate in un sistema a parte).

Contemporaneamente il sistema di riferimento geodetico e cartografico si è arricchito, a seguito della definizione di un sistema di dati europeo (European Datum 1950, ED50), permettendo un'alternativa nella designazione

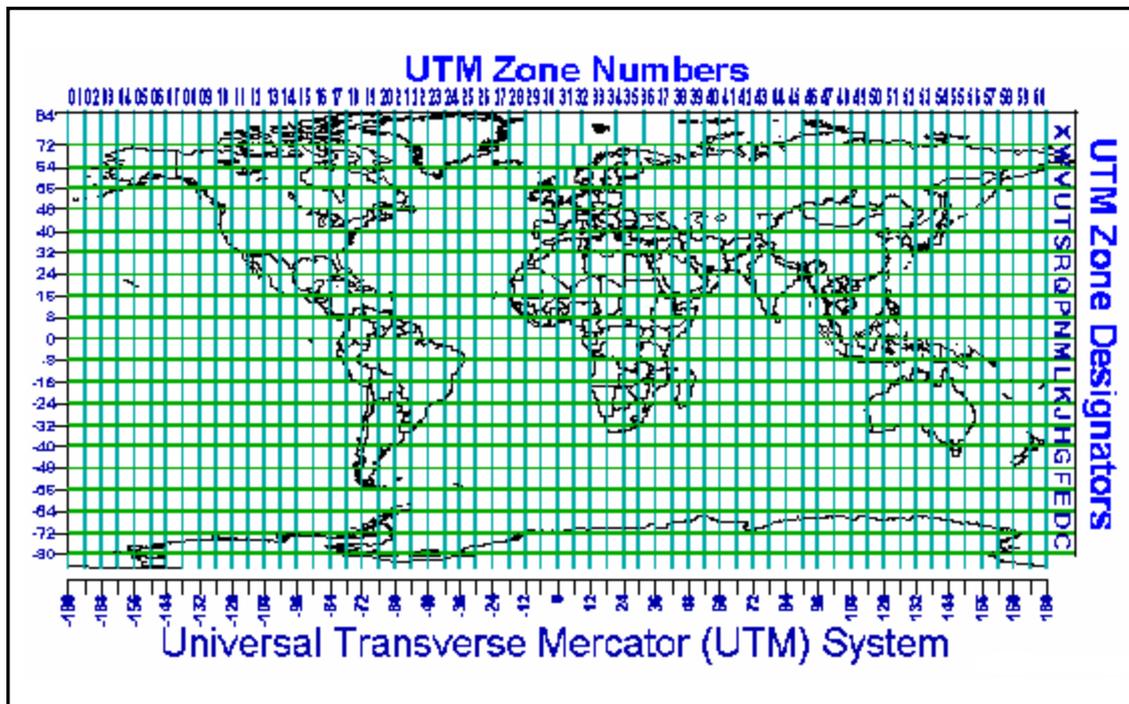


Fig. 4.2 – Fusi della proiezione UTM (l'Italia appartiene ai fusi 32 e 33)

dei diversi punti topografici e nella definizione di un nuovo reticolato. Nel sistema europeo ED50 il sistema geodetico di riferimento è costituito comunque dall'ellissoide internazionale, ma con punto di emanazione a Potsdam, in Germania (orientamento medio europeo). Questa alternativa viene riferita nella cartografia ufficiale italiana da un duplice e ben distinto reticolato che consente di identificare sia il sistema nazionale che il sistema internazionale europeo.

Negli ultimi anni è stato infine definito, con l'intento di fornire un sistema di dati che potesse essere utilizzato in tutto il mondo, il datum WGS84 (World Geodetic Datum 1984). L'ellissoide utilizzato ha lo stesso nome del datum (WGS84) ed è geocentrico, ovvero ha come origine il centro della terra.

4.3 I Dati di Qualità delle Acque Superficiali e i Macrodescrittori

Nell'ultima parte del periodo di stage si è realizzato un database geografico a partire da un set di dati riguardanti una serie di centraline di misura di parametri chimici utilizzati per la stima della qualità delle acque superficiali relative al reticolo idrografico italiano. Dei parametri considerati, in totale 11, misurati in 161 diverse centraline, 7 di essi (Ossigeno Disciolto, BOD₅, COD, NH₄, NO₃, Fosforo Totale, Ortofosfato) vengono definiti, nel D.lgs.152/99⁶, come indicatori dello stato chimico e microbiologico di un corso d'acqua e come tali sono considerati parametri obbligatori per il monitoraggio; i valore di tali parametri, infatti, denominati nello stesso decreto *macrodescrittori*, concorrono a determinare, insieme ad un altro significativo parametro microbiologico, l'Escherichia Coli, il LIM (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori). Il LIM, che rappresenta il livello di inquinamento dovuto essenzialmente a scarichi civili, misti e a fonti diffuse d'inquinamento da nutrienti, concorre a sua volta, insieme all'indice IBE (Indice Biotico Esteso) a valutare lo stato ecologico dei corsi d'acqua.

I dati analitici, talvolta già parzialmente elaborati, sono stati raccolti dalle Regioni e dai laboratori ARPA/APPA che effettuano le misure di monitoraggio sui corpi idrici superficiali (le Regioni e Province autonome che hanno elaborato e fornito, per ogni sito di monitoraggio, tutti i dati previsti dalla normativa per l'anno 2002, sono 15)⁷.

⁶ D.lgs. n.152 del 11/05/1999.

⁷ APAT/ARPA/APPA, 2003, Annuario dei Dati Ambientali.

5 L'Elaborazione delle Scene Landsat e della Cartografia Digitale

Le scene Landsat erano disponibili come file d'immagine in formato "bil" (*Band Interlived by Lines*). In tale formato ciascuna linea di pixel è registrata per ciascuna delle bande presenti prima di passare alla linea successiva; tale metodo di memorizzazione del dato è utile quando, come nel caso delle immagini acquisite da satellite, si useranno tutte le bande e l'intera scena nelle analisi successive. I file, contenenti i dati grezzi precedentemente corretti per geometria e radiometria, sono stati pertanto importati con il software ERDAS IMAGINE 8.5® nel formato "img". Tale formato, proprietario della stessa ERDAS® e più facilmente fruibile da parte degli utenti, ha reso più agevoli tutte le successive elaborazioni del dato. Per portare a termine in modo corretto la procedura di importazione si sono utilizzate le informazioni contenute nei file di testo che accompagnavano ciascuna immagine (risoluzione, posizione dei vertici, numero delle bande) e che in seguito sono state sfruttate anche per assegnare l'esatta proiezione durante la georeferenziazione delle scene (proiezione di riferimento UTM, datum WGS84, fuso di appartenenza).

Terminata l'importazione e assegnata a ciascuna immagine l'esatta proiezione di riferimento, si è realizzato, grazie a una procedura che lo stesso applicativo metteva a disposizione, un mosaico delle scene Landsat che comprendeva tutto il territorio nazionale. Per ottenere un'immagine sufficientemente omogenea e che non presentasse linee di separazione troppo evidenti tra le singole scene si è intervenuti su una serie di parametri che la procedura di mosaicatura permetteva di modificare, tra cui quelli relativi alla modalità di sovrapposizione delle immagini.

L'operazione successiva è stata quella di estrazione dal mosaico (realizzato in formato "img") delle immagini relative ai singoli territori regionali. Per realizzare tale lavoro è stato utilizzato un ulteriore *tool* messo a

disposizione da ERDAS IMAGINE 8.5®, denominato “*spatial modeler*”. Questo ha permesso di esportare dall’immagine del mosaico le porzioni relative alle singole regioni e archivarle successivamente in singoli file in formato “*img*”. La procedura utilizzata permetteva infatti di sovrapporre all’immagine raster un livello vettoriale rappresentante il territorio regionale d’interesse e in base a questo esportare dal mosaico solamente l’immagine geograficamente corrispondente. I livelli vettoriali delle singole regioni sono stati creati con ArcView® a partire da una singola immagine, disponibile presso l’Ufficio Sistemi Database e Cartografico SINAnet, rappresentante i confini regionali italiani. Per ciascuna regione si è inoltre creato, nel corrispondente livello vettoriale, un *buffer* dell’estensione di 2000 metri perché l’immagine estratta dal mosaico comprendesse anche il territorio strettamente adiacente ai confini regionali.

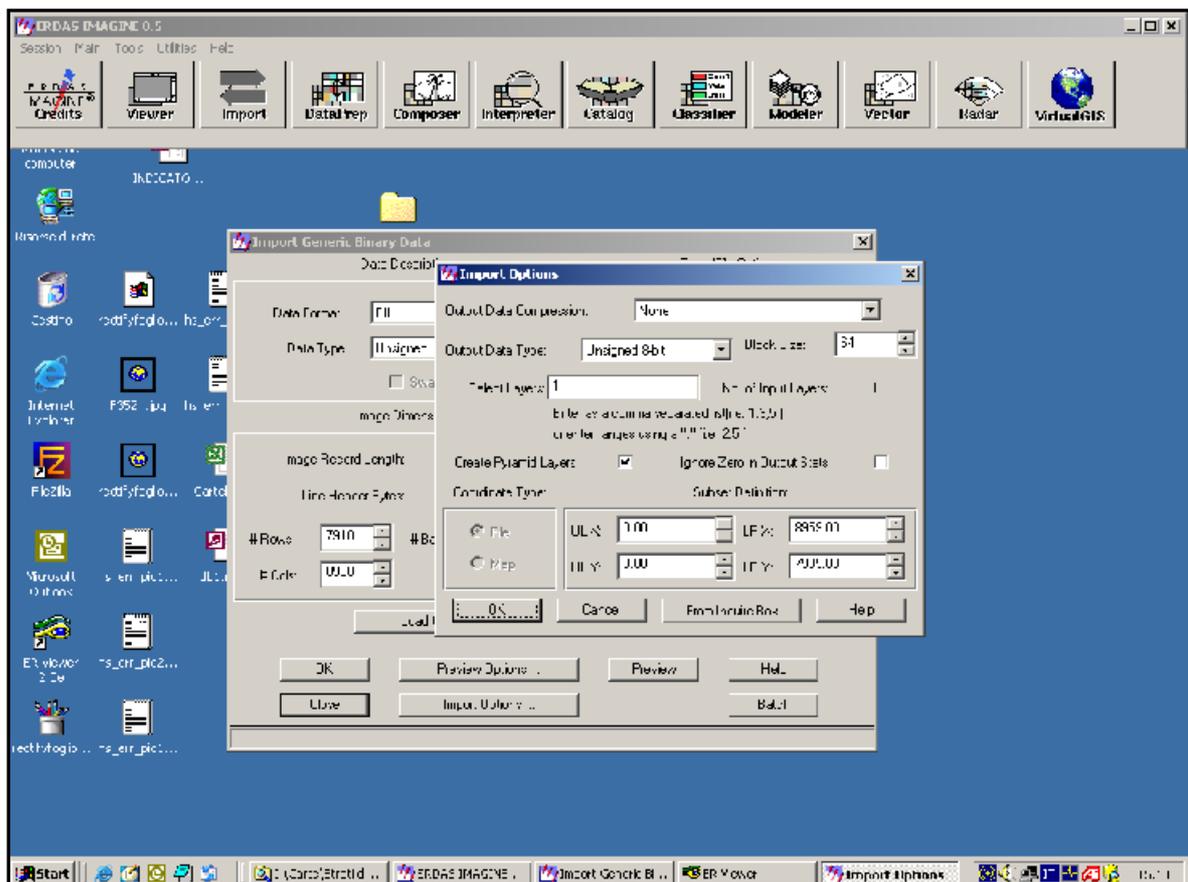


Fig. 5.1 – Procedura di importazione delle scene Landsat

Durante tutta la procedura si è dovuto di volta in volta considerare il fuso di appartenenza delle singole regioni (comprese, nel sistema UTM – WGS84, nei fusi 32 e 33) ed adeguare pertanto la proiezione relativa ai singoli file, riproiettando le immagini con gli strumenti che i software utilizzati mettevano a disposizione.

Infine, per rendere più naturali le immagini ottenute si è intervenuti sulla gamma tonale regolando il bilanciamento del colore con lo strumento *livelli* di cui dispone il programma di fotoritocco Photoshop 6.0®.



Fig. 5.2 – Mosaico di scene Landsat della regione Lazio.

Per quanto riguarda le immagini raster georeferenziate ricavate dalle carte topografiche a scala 1:25000 dell'IGMI è stato portato a termine un lavoro di mosaicatura delle *tavolette* relative a ciascuna regione d'Italia. Come per le

immagini del satellite si è utilizzato uno degli strumenti messi a disposizione dal software ERDAS IMAGE 8.5®, il “*mosaic tool*”.

Nel caso delle carte dell’IGMI, essendo state ricavate da cartografia in bianco e nero, il lavoro di composizione delle immagini presentava minori margini di intervento e rispetto a quanto fatto sulle scene Landsat sono state modificate solamente le modalità di sovrapposizione delle singole immagini. Ricoprendo un’area relativamente piccola, le tavolette che ricadevano per intero o parzialmente all’interno del territorio di ogni regione erano abbastanza numerose e pertanto la mosaicatura è stata realizzata singolarmente.

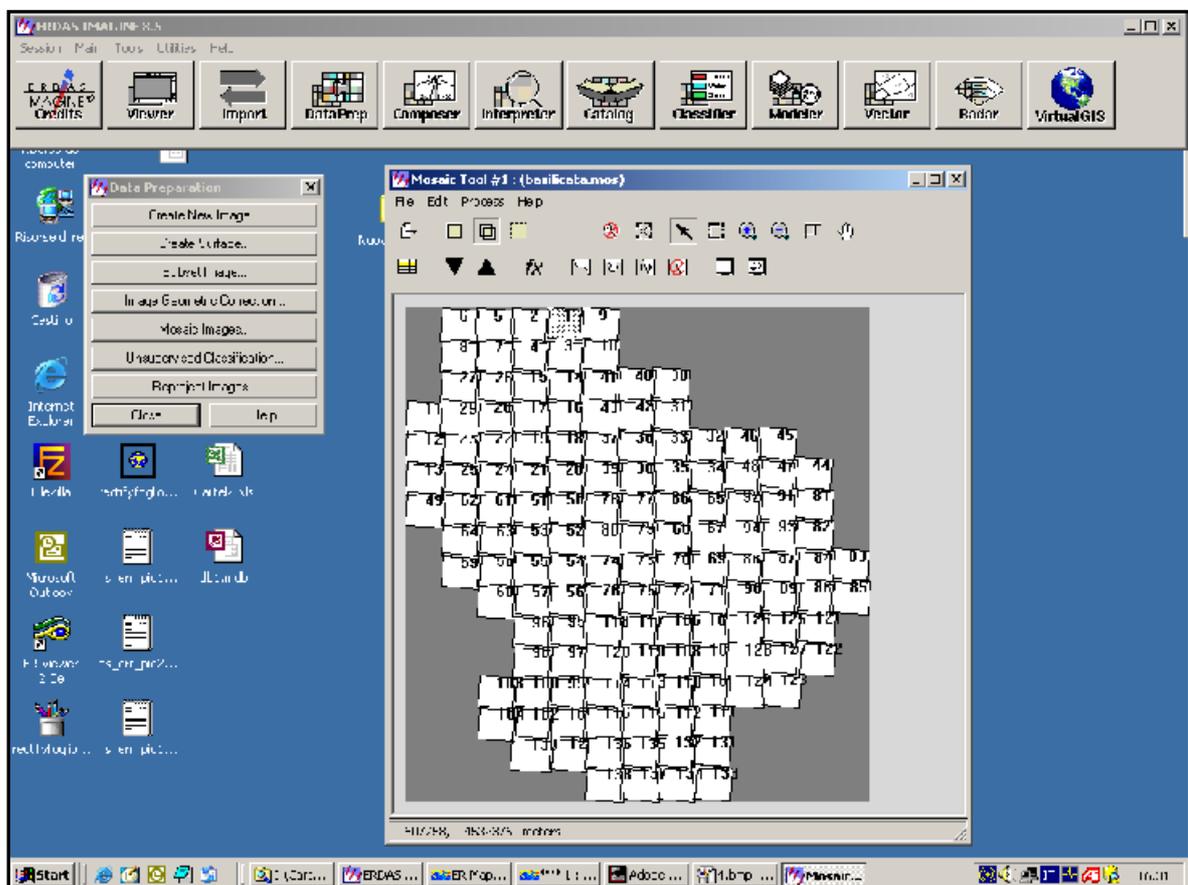


Fig. 5.3 – Procedura di mosaicatura delle tavolette IGMI a scala 1:25000

Il *tool* utilizzato per la mosaicatura ha permesso inoltre di riproiettare le immagini ottenute secondo il sistema UTM – WGS84, come previsto dagli standard adottati dall’Ufficio Sistemi Database e Cartografico SINAnet (le

carte topografiche a scala 1:25000 prodotte dall'IGM infatti sono state realizzate adottando il sistema nazionale).

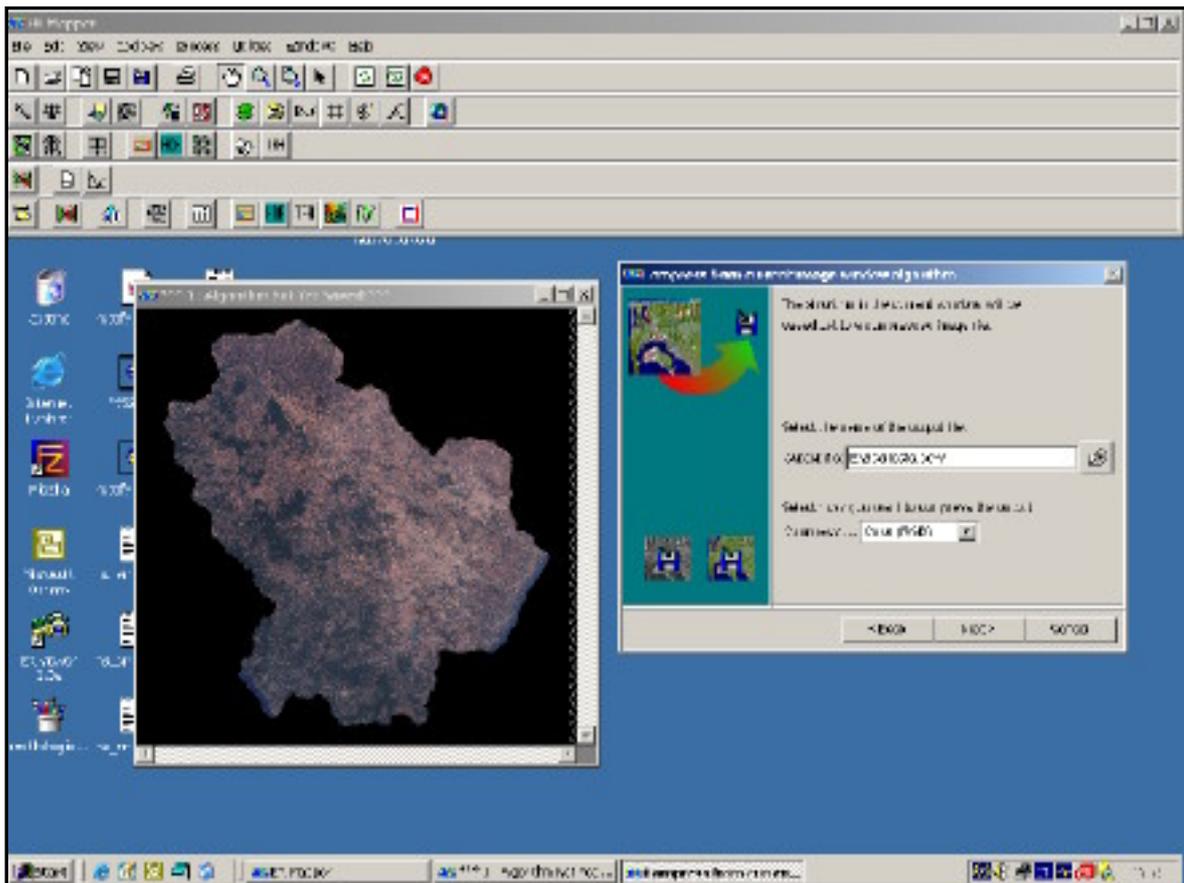


Fig. 5.4 – Esportazione di un immagine nel formato compresso 'ecw'

Tutte le immagini prodotte sono state infine esportate per mezzo del software ER Mapper 6.4® nel formato proprietario "ecw", utilizzabile, grazie a plug-in gratuiti, all'interno dei principali software applicativi. Il formato "ecw" permette di ridurre pesantemente la dimensione di immagini raster e di visualizzare immediatamente le immagini compresse, senza tempi di attesa dovuti alla decompressione del dato, mantenendo allo stesso tempo la georeferenziazione completa del dato, e le informazioni di localizzazione del file. Le immagini realizzate negli altri formati, infatti, avendo generalmente dimensioni molto grandi (dell'ordine del Gigabyte per i dati più 'pesanti'), mal si prestavano alla condivisione in rete e risultavano difficilmente fruibili da parte degli altri utenti. La compressione è stata

6 Realizzazione del Geodatabase dei Dati di Qualità delle Acque Superficiali

I dati disponibili consistevano nelle misurazioni effettuate dalle centraline e da una serie di informazioni relative alle centraline stesse: il codice identificativo e il nome della località dove erano installate, le coordinate geografiche e il nome del fiume al quale le misure effettuate si riferivano. I parametri chimico-fisici misurati dalle centraline erano 11: Ossigeno Disciolto, BOD₅, COD, NH₄, NO₃, Fosforo Totale, Ortofosfato (che rappresentano i macrodescrittori così come vengono definiti nel D.lgs.152/99⁸), pH, Azoto Totale e Ammonio Totale. Delle misurazioni, effettuate con cadenza mensile, si conosceva la data di realizzazione, espressa però in più formati diversi, il codice identificativo del parametro e l'unità di misura utilizzata. Erano inoltre stati calcolati una serie di parametri statistici (numerosità del campione, media, valore massimo, valore minimo e deviazione standard) relativi alle misurazioni effettuate nell'arco dell'anno considerato.

I dati misurati erano archiviati separatamente per ognuno degli 11 parametri in fogli di calcolo di Microsoft Excel®: ad ogni colonna corrispondeva una tipologia di informazione (nome e codice identificativo della stazione, parametro, unità di misura, data di acquisizione, valore, ecc) e ad ogni riga una misurazione effettuata. La prima operazione effettuata sui dati è stata quella di omogeneizzare i formati delle date e di distinguere i valori statistici già calcolati dai valori misurati, che si trovavano sugli stessi fogli di calcolo.

Si sono poi importati tutti i dati in un database di Access® in modo che ad ogni colonna che conteneva dati di interesse corrispondesse un campo del database e ad ogni riga un record. Una volta disponibili le tabelle relative a ciascuno dei parametri è stato possibile separare i valori misurati da quelli

⁸ D.lgs. n.152 del 11/05/1999.

calcolati e creare due tabelle che riunissero le due tipologie di dato per tutti gli 11 parametri. Tali operazioni si sono realizzate sfruttando uno degli strumenti fondamentali nella gestione dei database: le *query*. In particolare si sono utilizzate *query di creazione tabella* e *query di accodamento*. Per verificare la correttezza dei parametri statistici disponibili, questi sono stati ricalcolati e i valori ottenuti sono stati inseriti in un nuova tabella per mezzo di un'ulteriore *query di creazione tabella*. Il confronto con la tabella relativa ai valori esistenti (realizzato con una *query di selezione*) ha permesso di evidenziare alcuni errori commessi nei calcoli precedentemente fatti e di correggerli. Infine, dopo avere importato sotto forma di tabella un ulteriore foglio di calcolo contenente le informazioni relative alle centraline, si sono messi in relazione la tabella relativa alle misurazioni effettuate con la tabella che invece conteneva le informazioni relative alle stazioni e un'ulteriore tabella, appositamente creata, che legava il codice identificativo del parametro al nome del parametro stesso e al unità di misura corrispondente, in modo da realizzare un piccolo database relazionale.

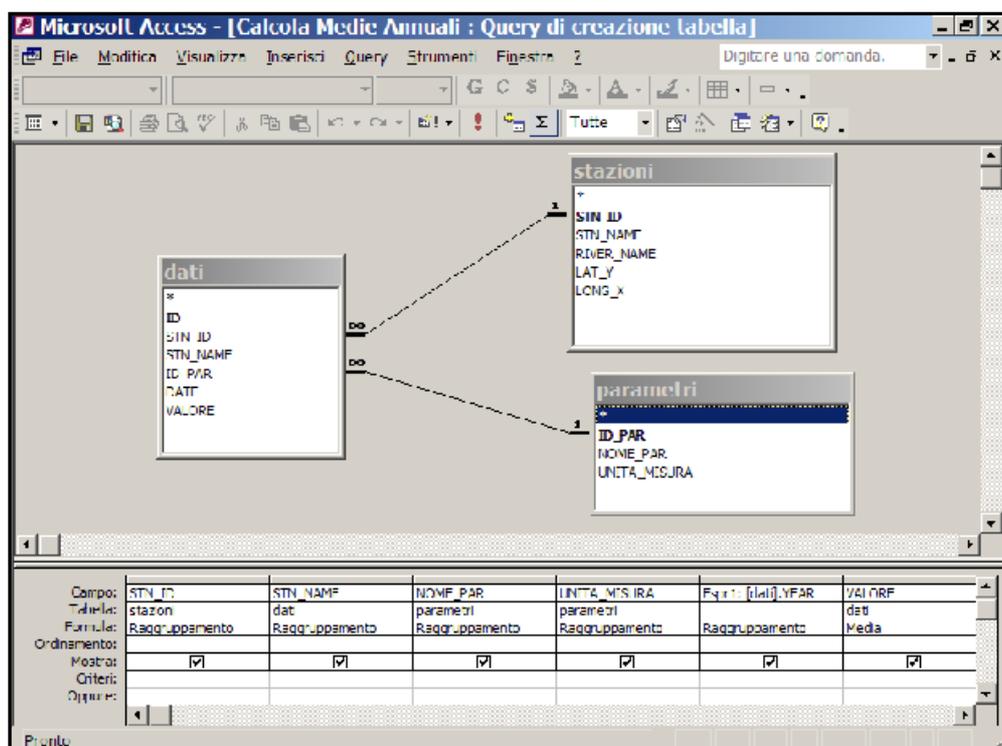


Fig. 6.1 – Query di creazione tabella e schema della struttura del database relazionale

Il passo successivo è stato quello di collegare le informazioni contenute nel database alla rappresentazione georeferenziata del reticolo idrografico italiano e della posizione delle centraline di misura considerate (il primo dato era già disponibile presso dall'Ufficio Sistemi Database e Cartografico SINAnet, mentre il secondo è stato appositamente ricostruito). Per compiere tale operazione sono state utilizzate le funzionalità che metteva a disposizione il pacchetto di applicativi ArcGIS®.

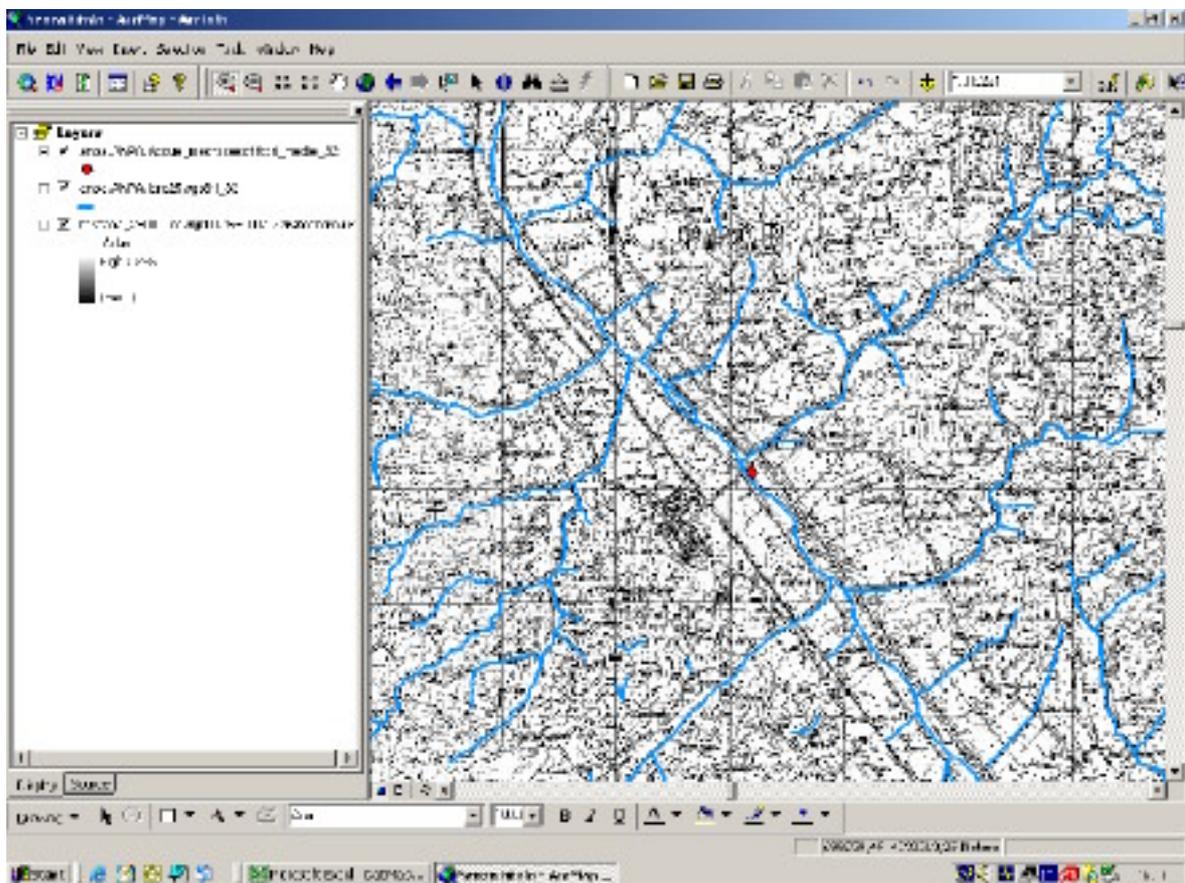


Fig. 6.2 – Sovrapposizione per mezzo di ArcMap di tre diversi strati informativi presenti nei server dati SINAnet: mosaico di *tavole* IGMI, localizzazione delle centraline di misura e reticolo idrografico.

7 Conclusioni

Il lavoro svolto si inserisce nell'ambito dell'attività di alimentazione della base informativa e di adeguamento delle informazioni disponibili agli standard che vengono via via definiti e adottati che l'Ufficio Sistemi Database e Cartografico SINAnet e più in generale tutta l'Apat stanno portando avanti.

Tutto il materiale prodotto e elaborato durante il periodo di stage è stato reso disponibile all'interno del sistema MAIS (Modulo di Accesso alle Informazioni Spaziali), strumento implementato dal Servizio Gestione Modulo Nazionale SINAnet (AMB-NET), che consente la consultazione dei dati territoriali a diverse tipologie di utenti permettendone la consultazione, l'elaborazione e l'aggiornamento oltre al collegamento di queste con le altre informazioni presenti in SINAnet.

Il lavoro realizzato ha richiesto l'approfondimento della conoscenze riguardanti una serie di strumenti informatici necessari alla gestione delle informazioni geografiche, territoriali ed ambientali. Sono state pertanto dettagliatamente descritte le procedure seguite nella realizzazione dei diversi prodotti e sono state evidenziate le funzionalità relative ai singoli applicativi utilizzate nelle diverse fasi dell'elaborazione dei dati.

Tutto il materiale prodotto nell'ambito di questo lavoro è infine stato inserito nel MAIS e reso disponibile a tutti gli utenti del sistema.

Nel 2002 "l'Italia, anche grazie al lavoro svolto da APAT e dalle Agenzie Regionali e delle Province autonome per la Protezione dell'Ambiente, ha fatto ulteriori progressi riguardo all'informazione ambientale in ambito comunitario. È, infatti, attestato nel Sixth Progress Report on EIONET Priority Data Flows 2002, predisposto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, che il nostro Paese ha migliorato, rispetto all'anno precedente, di un

significativo 32% il proprio punteggio riguardo ai flussi di dati prioritari della rete ambientale dell'Unione Europea (EIONET)''⁹.

Risulta intuibile la grande mole di lavoro che l'archiviazione dei dati e l'adeguamento degli stessi agli standard adottati richiede e continuerà a richiedere negli anni futuri.

In tale ottica è auspicabile che le attività intraprese durante questa esperienza, anche in virtù della loro natura profondamente formativa nei riguardi di tematiche sia ambientali che tecniche, siano riprese e perfezionate.

⁹ APAT/ARPA/APPA, 2003, Annuario dei Dati Ambientali, p.V.

Bibliografia

- ANPA, 2001, *SINANET standard di sistema*, Gerardo Giombolini.
- APAT/ARPA/APPA, 2003, *Annuario dei Dati Ambientali*, testo disponibile su sito *web internet*: www.sinanet.apat.it .
- Decreto Legislativo n.152 del 11/05/1999: "*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*".
- Decreto Legislativo n.300 del 30/7/1999: "*Riforma dell'Organizzazione del governo, a norma dell'articolo 11 della Legge 15 Marzo 1997, n. 59*".
- <http://www.apat.it>, 23/06/2004.
- <http://www.planetek.it>, 16/06/2004.
- <http://www.sinanet.apat.it>, 23/06/2004.
- Legge Italiana n.61 del 21/1/1994: "*Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente*".

Ringraziamenti

La realizzazione di questo lavoro è stata possibile grazie alla collaborazione e alla disponibilità di tutto l'organico dell'Ufficio Sistemi Data Base e Cartografico.

Oltre al Ing. Munafò si ringrazia particolarmente l'Ing. Giuliano Cecchi per aver seguito con attenzione le attività intraprese in ogni loro fase e aver messo a disposizione la propria competenza per la riuscita del lavoro.

Un sentito ringraziamento va naturalmente a tutto il personale della sala Sinanet, con il quale lavorare in questi quattro mesi è stato fonte di arricchimento sia dal punto di vista professionale che da quello umano.